

**DAMPAK TRANSFORMASI NITROGEN TERHADAP LINGKUNGAN
BIOTIK DI DANAU TONDANO PROVINSI SULAWESI UTARA**
*(The Impact of Nitrogen Transformation on The Biotic Environment
in The Lake Tondano North Sulawesi)*

Sofia Wantasen^{*)}, Sudarmadji^{**)}, Eko Sugiharto^{***)}, Slamet Suprayogi^{****)}

^{*)}Fakultas Pertanian Univ. Sam Ratulangi
email: swantasen@yahoo.co.id

^{**)Fakultas Geografi Univ. Gadjah Mada}

^{***Fakultas MIPA Univ. Gadjah Mada}

^{****Fakultas Geografi Univ. Gadjah Mada}

Diterima: 4 Juni 2012

Disetujui: 9 Juli 2012

Abstrak

Nitrogen di lingkungan akan mengalami transformasi ke dalam bentuk-bentuk senyawa antara lain nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonia (NH_3). Transformasi dari nitrogen menjadi nitrat, nitrit, dan ammonia akan berdampak negatif terhadap lingkungan biotik yaitu terbentuknya kondisi toksik, berdampak negatif pada biota air (flora akuatik), dominansi flora akuatik danau serta berubahnya fungsi ekosistem danau.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak transformasi nitrogen terhadap lingkungan biotik (flora akuatik) di Danau Tondano. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* pada 24 lokasi sampel di Danau Tondano yaitu 6 sampel di bagian timur danau, 3 sampel di bagian barat danau, 4 sampel di bagian selatan danau dan 10 sampel di bagian tengah danau dan 1 sampel di bagian utara Danau Tondano, kemudian dilakukan pengukuran *in situ* untuk parameter temperatur air, dan pH. Analisis parameter nitrat, nitrit, ammonia dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi pengambilan sampel flora akuatik adalah 1 sampel di bagian barat Danau Tondano (Paleloan), 4 sampel di bagian timur danau (Eris, Tasuka, Ranomerut), dan 1 sampel di bagian utara danau (Tolour).

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa transformasi nitrogen menjadi nitrat, nitrit, ammonia di permukaan Danau Tondano terkonsentrasi tinggi di bagian timur dan bagian tengah Danau Tondano. Flora akuatik yang mendominasi perairan adalah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Indeks Nilai Penting (INP) 60-155.

Kata-kunci: transformasi nitrogen, lingkungan biotik, Danau Tondano

Abstract

The Nitrogen in the environment undergoes a transformation into other forms of nitrogen compounds NO_3^- , NO_2^- , NH_3 . Transformation of nitrogen to nitrate, nitrite, ammonia on biotic environment is the formation of toxic condition, which gives negative impact on water biota (flora aquatic) in aspects of dominance of aquatic flora in the lake and change in ecosystems function of the lake.

*This study is aimed at assessing the transformation of nitrogen to biotic environment (aquatic flora) in lake Tondano. Determination of sampling by using composite sampling method and was conducted at 24 sample location in the lake Tondano. The samples was collected 6 samples in the eastern part of the lake, 3 samples in the western part of the lake, 4 samples in the southern part of of the lake and 10 samples in the middle of the lake and 1 sample in the northern part of the lake Tondano, then performed in situ measurement for water temperature and pH parameters. Analysis nitrate, nitrite, ammonia in the Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Laboratory North Sulawesi Provinsi. Sampling sites is a sample of aquatic flora in the western part of the lake Tondano (Paleloan), 4 samples in the eastern part of the lake (Eris, Tasuka, Ranomerut), and 1 sample in the northern part of the lake (Tolour). The research results were transformation of nitrogen to nitrate, nitrite, ammonia on the surface of Lake Tondano is highly concentrated in the eastern part and middle part of the Lake Tondano. Aquatic flora that dominated waters are water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) with Importance Value Index 60-155.*

Key-words: nitrogen transformation, biotic environment, Lake Tondano

PENDAHULUAN

Nitrogen adalah unsur yang memiliki nilai penting bagi kehidupan makhluk hidup dan lingkungan. Keberadaan nitrogen di lingkungan memberikan dampak positif dan juga negatif. Ketidakseimbangan nitrogen di alam dapat berdampak negatif langsung dan tidak langsung pada lingkungan hidup dan menimbulkan gangguan lingkungan hidup, karena nitrogen di lingkungan akan mengalami transformasi ke dalam bentuk-bentuk senyawa NO_3^- , NO_2^- , NH_3 melalui proses *nitrifikasi*, *nitrate reduction*, *denitrifikasi*. Hasil transformasi ini akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan biotik (flora dan fauna akuatik). Senyawa yang terbentuk akan menyebabkan pertumbuhan gulma air yang melimpah. Nitrat (NO_3^-) merupakan nutrient bagi pertumbuhan tanaman air dan algae. Senyawa nitrit (NO_2^-) merupakan senyawa toksik yang dapat mematikan organisme air. Demikian halnya dengan senyawa ammonia yang tidak terionisasi juga bersifat toksik.

Senyawa ammonia dan nitrat berasal dari aliran sungai, saluran irigasi, kegiatan budidaya perikanan akan terdistribusi di Danau Tondano. Hal tersebut akan menyebabkan peningkatan pada konsentrasi ammonia yang tidak terionisasi jika lingkungan perairan memiliki pH basa ($\text{pH} > 7$), akan berdampak pada penurunan kualitas air Danau Tondano yang selanjutnya akan berdampak negatif pada lingkungan hidup termasuk lingkungan biotik (flora dan fauna akuatik).

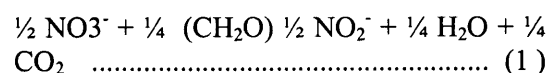
TINJAUAN PUSTAKA

Bentuk-bentuk nitrogen di lingkungan mengalami transformasi sebagai bagian dari siklus nitrogen. Bentuk-bentuk transformasi nitrogen di lingkungan adalah *nitrifikasi*, *nitrate reduction* dan *denitrifikasi* (Manahan, 2005). Nitrogen adalah komponen utama dari tanaman dan hewan. Pelapukan bahan organik menghasilkan ammonia, dan apabila oksigen tersedia maka ammonia berubah menjadi nitrat.

Nitrifikasi adalah oksidasi ammonia menjadi nitrat dan berlangsung pada kondisi

aerob. Nitrifikasi dikatalisis oleh dua kelompok bakteri yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* (Manahan, 2005). Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*.

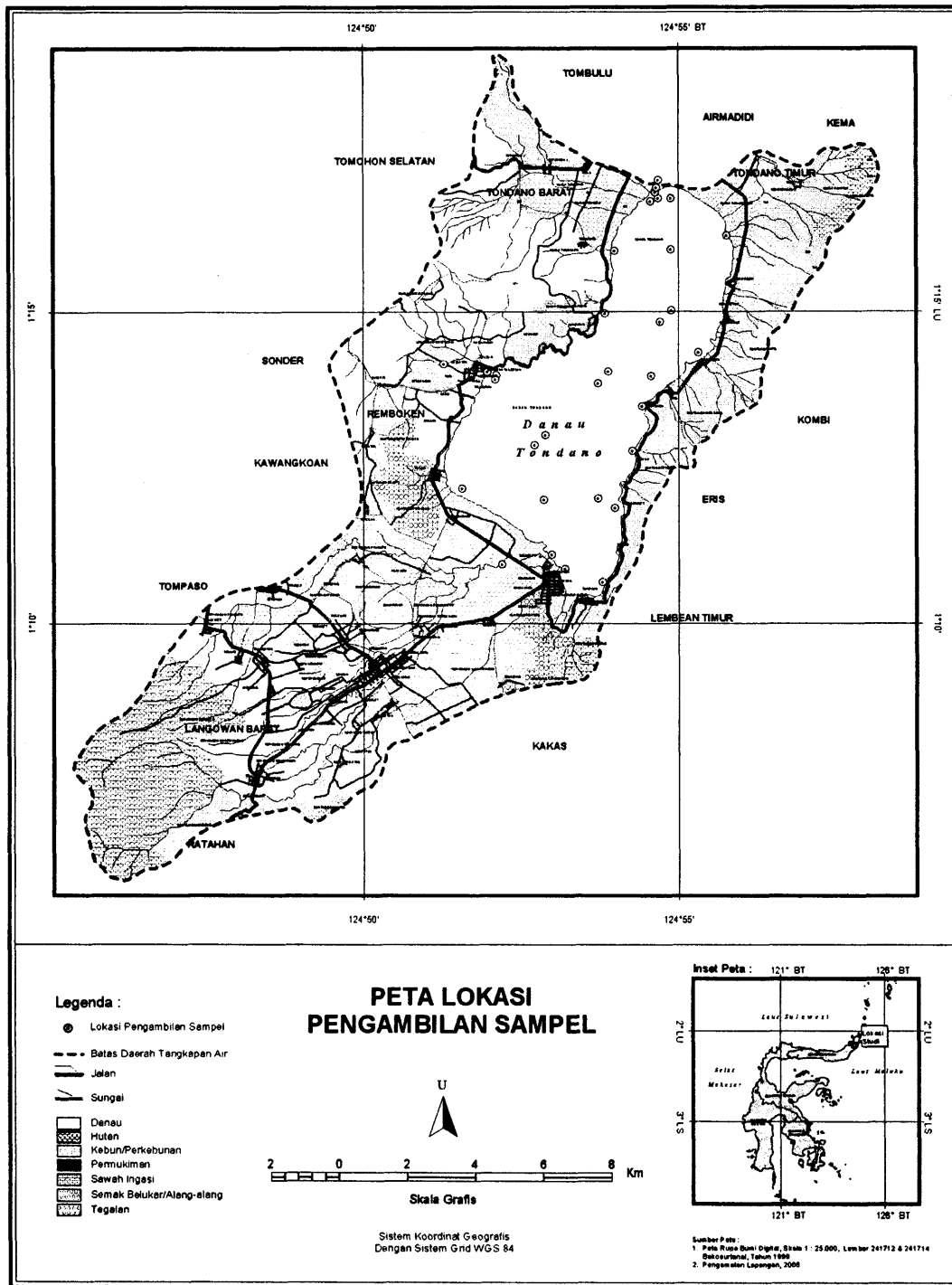
Nitrate reduction adalah nitrat yang dapat digunakan oleh beberapa bakteri sebagai alternatif elektron reseptor. Ion nitrat berfungsi sebagai elektron reseptor yang selalu menghasilkan NO_2^- , dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Denitrifikasi adalah spesial kasus untuk reduksi nitrat, di mana produk nitrogen yang direduksi adalah nitrogen yang mengandung gas, selalu dalam bentuk N_2 pada pH 7,00. Denitrifikasi adalah proses mereduksi nitrat dan nitrit menjadi gas nitrogen (N_2) yang dapat dilepas ke udara/atmosfir. Proses tersebut terbentuk oleh adanya bakteri *heterotrophic* seperti *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans* dan berbagai *Pseudomonads* dari kelompok *Proteolytic* (Anonim^b, 2006). Apabila kondisi dengan ketersediaan oksigen (tersedianya *electron acceptor*) maka akan terurai dan oleh bakteri akan dioksidasi menjadi nitrat di dalam bahan organik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan nitrat dan nitrit adalah temperatur, pH, potensial redoks (pE), dan kadar oksigen terlarut (Manahan, 2005). Pengaruh temperatur adalah pada peningkatan reaksi kimia, viskositas, volatilisasi dan aktivitas enzim. Pengaruh pH adalah pada proses biokimiawi perairan dan juga toksisitas suatu senyawa kimia. Proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah dan senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Amonium bersifat tidak toksik, namun pada pH tinggi /suasana alkalis lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik serta lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan ammonium.

Perairan alami pada suhu dan tekanan normal ammonia berada dalam bentuk gas



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air di Danau Tondano

dan membentuk kesetimbangan dengan gas ammonium. Kesetimbangan antara gas ammonia dan gas ammonium ditunjukkan dalam persamaan reaksi:



Senyawa-senyawa ini merupakan senyawa yang sangat penting dalam air dan memegang peranan penting dalam reaksi biologi perairan.

CARA PENELITIAN

Pengambilan sampel kualitas air di Danau Tondano dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* (Hadi, 2005). Preparasi sampel di lapangan, pengukuran *insitu* dan selanjutnya sampel dibawa ke Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Provinsi Sulawesi Utara untuk dilakukan analisis kualitas air parameter nitrat, nitrit, ammonia. Analisis nitrat, nitrit, ammonia mengacu pada Metode APHA (2005). Pengambilan sampel dilakukan pada 24 lokasi di Danau Tondano yaitu 6 sampel di bagian timur Danau Tondano (wilayah Eris), 3 sampel di bagian barat (Paleloan), 4 sampel di bagian selatan, 10 sampel di bagian tengah dan 1 sampel di bagian utara Danau Tondano (Tolour). Lokasi pengambilan sampel kualitas air dapat dilihat pada Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel flora akuatik adalah 1 sampel di bagian barat Danau Tondano (Paleloan), 4 sampel di bagian timur danau (Eris, Tasuka, Ranomerut), dan 1 sampel di bagian utara danau/Tolour (Gambar 2).

Rumus yang digunakan dalam perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) adalah:

$$\text{INP} = \text{Kr} (i) + \text{Fr} (i) + \text{Dr} (i)$$

Keterangan:

INP = Indeks Nilai Penting;

Kr = Kerapatan relatif;

Fr = Frekuensi relatif;

Dr = Dominansi relatif dari jenis-jenis yang menyusun komunitas yang diamati.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

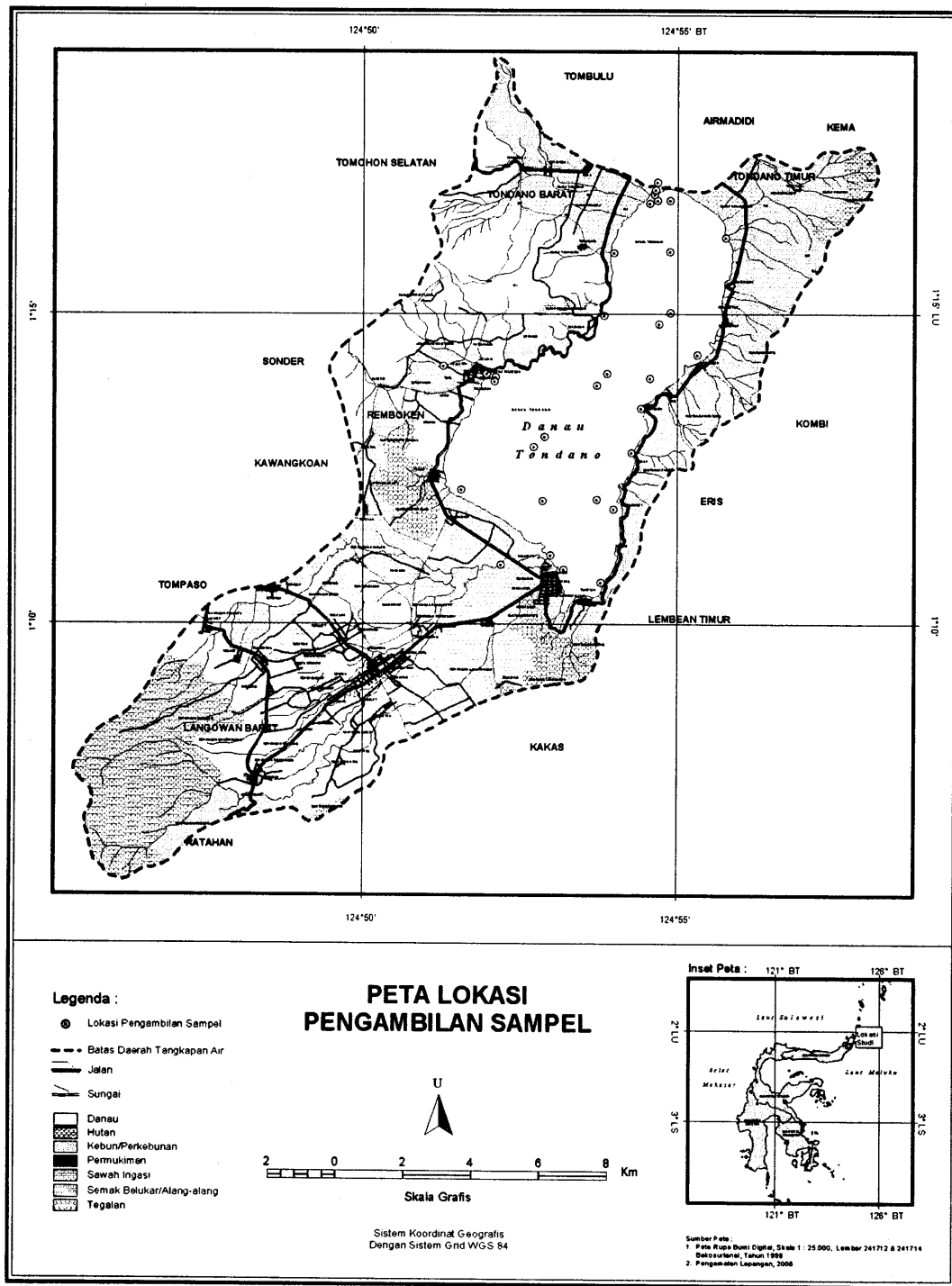
Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di permukaan Danau Tondano terkonsentrasi tinggi di bagian timur dan bagian tengah Danau Tondano. Ammonia di permukaan perairan berasal dari hasil ekskresi organisme (air seni dan feses), juga oleh oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari limbah pakan ikan (*pellet*), limbah pertanian yang masuk ke danau melalui *outlet* saluran irigasi serta aktivitas yang terdapat di Danau Tondano.

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi transformasi nitrogen di perairan antara lain adalah temperatur, pH, dan konsentrasi oksigen terlarut. Lingkungan perairan yang memiliki pH tinggi/suasana alkalis lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik (Manahan, 2005).

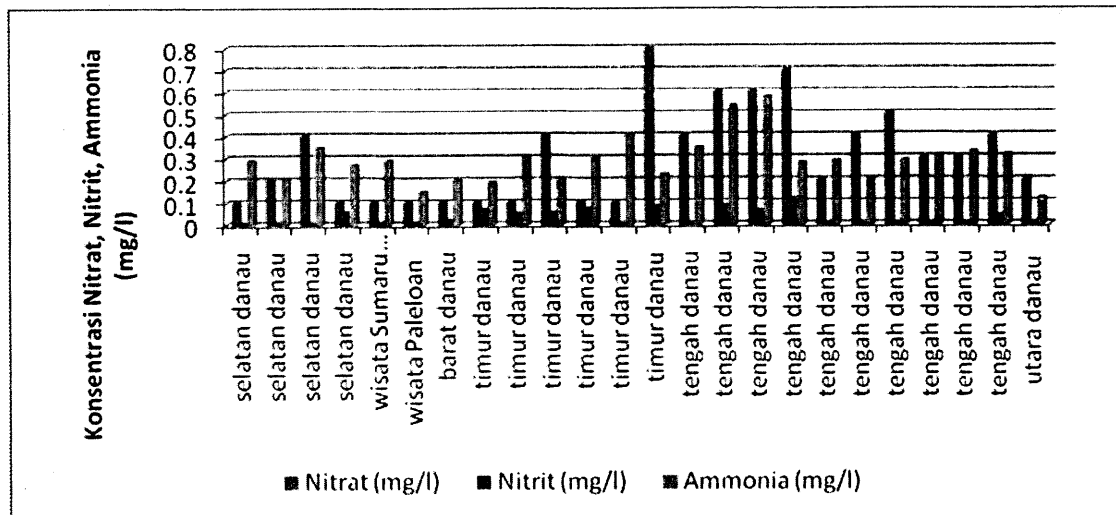
Konsentrasi nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonia (NH_3), tertinggi terdapat di bagian timur dan bagian tengah Danau Tondano, ditunjukkan pada Gambar 3.

Data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat, nitrit, ammonia tertinggi terdapat di bagian timur dan bagian tengah Danau Tondano. Diduga tingginya konsentrasi nitrat, nitrit, ammonia di bagian tengah Danau Tondano adalah oleh adanya arus dari bagian timur, bagian selatan, bagian barat Danau Tondano membawa nutrient-nutrient tersebut. Lokasi di bagian timur Danau Tondano yang memiliki konsentrasi nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonia (NH_3) tertinggi diketahui bahwa lokasi tersebut adalah terdapat aktivitas perikanan budidaya sistem tiang pancang/jaring apung yang sangat mendominasi, kegiatan pertanian di sekitar Danau Tondano dan kegiatan permukiman. Keberadaan senyawa nitrogen dan transformasinya menjadi nitrat, nitrit, ammonia dalam perairan dengan kadar yang berlebihan dapat menimbulkan masalah pencemaran air.

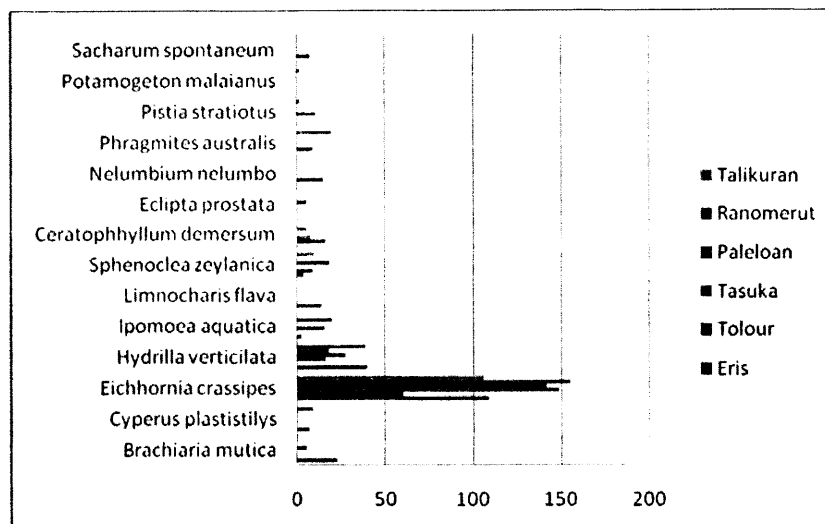
Indeks nilai penting (INP) merupakan besaran yang menunjukkan kedudukan suatu jenis terhadap jenis lain di dalam suatu komunitas. INP diturunkan dari kerapatan relatif (Kr), frekuensi relatif (Fr) dan dominansi relatif (Dr) dari jenis-jenis yang menyusun komunitas yang diamati (Odum, 1994).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Air di Danau Tondano



Gambar 3. Konsentrasi Nitrat, Nitrit, Ammonia di Permukaan Danau Tondano



Gambar 4. Komposisi Spesies dan Indeks Nilai Penting Flora Akuatik di Danau Tondano

Komposisi spesies yang teridentifikasi adalah sekitar 14 jenis tanaman air yang terdapat di Danau Tondano: *Eichhornia crassipes*, *Brachiaria mutica*, *Ceratophyllum demersum*, *Cyperus plastistilys*, *Eclipta prostate*, *Hydrilla verticillata*, *Ipomoea aquatic*, *Limnocharis flava*, *Nelumbium nelumbo*, *Phragmites australis*, *Pistia stratiotes*, *Sacharum spontaneum*, *Sphenoclea zeylanica*, *Potamogeton malaianus* dan Indeks Nilai Penting (INP) ditunjukkan dalam angka 7,54 hingga angka 155,19. *Eichhornia crassipes* adalah spesies yang dominan di semua lokasi penelitian dengan Indeks Nilai Penting 60 hingga 155 (Wantasen et al, 2005). Tum-

buhan lainnya yang mendominasi terdapat pada enam lokasi pengamatan di Danau Tondano adalah *Hydrilla verticillata*, *Sphenoclea zeylanica* terdapat di Eris, Tolour, Paleloan dan Talikuran, dan *Ceratophyllum demersum* terdapat di Tolour, Tasuka dan Ranomerut. Tingginya INP dari jenis *Eichhornia crassipes* (Gambar 4) menunjukkan kecenderungan suburnya perairan Danau Tondano di sebagian besar/sepanjang wilayah bagian timur Danau Tondano (Ranomerut, Tasuka, Eris dan sekitarnya). Bagian barat Danau Tondano hanya terkonsentrasi di dua lokasi yaitu Paleloan dan Talikuran.

Pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang cepat yang disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan nitrogen, fosfat dan potasium. Konsentrasi nitrogen di Danau Tondano berkisar 1,11-3,81 mg/l (JICA, 2001). Transformasi Nitrogen menjadi amonia adalah sebesar 73%, nitrat 26% dan nitrit 1% di Danau Tondano (Wantasen, 2012). Transformasi senyawa nitrat, nitrit dan amonia akan menyebar di dalam Danau Tondano karena sifat senyawa yang terlarut dalam air. Dampak transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, amonia) terhadap lingkungan biotik adalah pada penyuburan perairan Danau Tondano dan terbentuknya kondisi toksik. Kondisi tersebut telah menyebabkan pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan tumbuhan air lainnya yang melimpah. Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang sudah mati akan mengendap ke dasar perairan danau sehingga mempercepat terjadinya pendangkalan.

KESIMPULAN

Transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, amonia) di Danau Tondano memberikan dampak terhadap lingkungan biotik (flora akuatik) yaitu pada pertumbuhan flora akuatik *Eichhornia crassipes* yang tidak terkendali yang ditunjukkan sebagai spesies flora akuatik yang mendominasi perairan Danau Tondano.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan Nasional c/q penanggung jawab dan pengelola Program S3 yang telah memberikan bantuan pembiayaan selama pendidikan dan penelitian melalui fasilitas BPPS, dan Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara atas bantuan dana penelitian yang diberikan melalui Bantuan Dana Penelitian Program Doktor Dinas Pendidikan Provinsi Sulawesi Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim^b, 2006, *Denitrification*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Denitrification> tanggal akses 12 Maret 2007.
- APHA, 2005. *Standard Methods For The Examination of Water and Waste Water*, American public Health Association (APHA) 21 st edition. Method 10200H and 4500-NO2-B.
- Hadi, A, 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*, PT Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
- JICA, 2001, *The Study on Critical Land and Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Republik of Indonesia*, Vol I, Main Report, Nippon Koei Co, Ltd and Kokusai Kogyo Co, Ltd.
- JICA, 2001, *The Study on Critical Land and Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Republik of Indonesia*, Vol II, Appendices (1/2) Nippon Koei Co, Ltd and Kokusai Kogyo Co, Ltd.
- Manahan, S.E, 2005, *Environmental Chemistry (8th edition)*, CRC Press LLC, Florida USA.
- Odum, E.P. 1994, *Dasar-dasar Ekologi*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta
- Wantasen, S; J. Nebath ; B. Soeroto, 2005, *Water Quality and Biodiversity in Lake Tondano and the TondanoReiver In T.Babcock ;S.K.Wismer and B. Nurkin (eds) From Sky to Sea: Environment and Development in Sulawesi*, Departement of Geography University of Waterloo.
- Wantasen, S, 2012. *Sebaran Spasial Ekologi Nitrogen di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara (Disertasi)*, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.